

Integrasi Kaedah Geospasial dan Pemodelan Hidrodinamik untuk Mengkaji Impak Kenaikan Aras Laut Terhadap Kawasan Pantai

(Integration of Geospatial Method and Hydrodynamic Modelling to Study the Impact of Sea Level Rise on the Coastal Area)

Fazly Amri Mohd, Khairul Nizam Abdul Maulud, Othman A. Karim
Jabatan Kejuruteraan Awam dan Struktur, Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia
Muhammad Afiq Ibrahim
Pusat Pencerapan Bumi, Institut Perubahan Iklim, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia
Yannie Anak Benson
Pusat Kajian Pantai dan Oseanografi, Institut Penyelidikan Hidraulik Kebangsaan Malaysia (NAHRIM), Malaysia
Pusat Kejuruteraan Pantai dan Lautan (COEI), Universiti Teknologi Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia
Ahmad Khairi Abd. Wahab
Pusat Kejuruteraan Pantai dan Lautan (COEI), Universiti Teknologi Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia

ABSTRAK

Kawasan pesisir pantai merupakan kawasan yang sangat terdedah dan sensitif kepada pelbagai ancaman terutamanya hakisan dan limpahan yang boleh menyebabkan impak negatif kepada kesejahteraan hidup manusia, persekitaran dan ekosistem. Kawasan pesisir pantai di Batu Pahat, Johor sangat terdedah kepada masalah banjir akibat fenomena air pasang dan sebahagian kawasan pantai lain dikategorikan sebagai kawasan hakisan pantai kritikal. Tujuan kajian ini adalah untuk mengenal pasti impak kenaikan aras laut terhadap komuniti pesisir pantai di Batu Pahat. Dengan menggunakan perisian ArcGIS dan MIKE21, kawasan banjir yang berlaku terhadap penempatan komuniti di pesisir pantai Batu Pahat dapat dikenal pasti dan meramalkan impak masa hadapan. Melalui hasil kajian, kawasan pantai di Batu Pahat mengalami kejadian hakisan pantai yang aktif dan jumlah kadar kehilangan tanah di kawasan tersebut sebanyak 415.7 hektar berbanding dengan kadar pemendapan yang hanya mendapat kira-kira 68.52 hektar. Hasil peta-peta risiko inondasi bagi kenaikan aras laut menunjukkan anggaran seramai 50 hingga 1145 populasi daripada jumlah penduduk seramai 28420 orang akan menerima impak kesan dari kenaikan aras laut pada tahun 2013, 2020 dan 2040. Selain itu, daripada 33 batang jalan raya di kawasan kajian, hanya 1 kawasan akan menghadapi kesan kenaikan aras laut pada tahun 2020 dan 2040. Justeru itu, peta risiko inondasi yang disediakan bagi pantai Batu Pahat amatlah berguna untuk mencegah hakisan pantai dan mengurangkan bencana masa depan.

Katakunci: Geospasial; hakisan pantai; kenaikan aras laut; pemendapan; komuniti; pesisir pantai

ABSTRACT

Coastal areas are highly vulnerable and sensitive to various threat; especially erosion and floods that can have a negative impact on the wellbeing of humans, the environment and ecosystems. Coastal areas in Batu Pahat, Johor are particularly vulnerable to flooding due to the phenomenon of tides, and some of these areas have been categorized as critical coastal erosion areas. The purpose of this study was to identify the impact of a sea level rise on the coastal community in Batu Pahat. Through the use of ArcGIS and MIKE21 software, the occurrence of floods in community settlements on the coast of Batu Pahat can be identified and predicted as to their future impact. Through this study, it was learned that the coastal areas in Batu Pahat have experienced active erosion, and the total land loss in the area has been 415.7 hectares compared to a sedimentation of only 68.52 hectares. The results of the inundation risk maps for sea levels show that an estimated population of 50 to 1,145 persons out of a total population of 28,420 will experience the impact of the predicted rise in sea levels in 2013, 2020 and 2040. Besides that, out of 33 roads in the study area, only one area will be affected by the sea level rise in 2020 and 2040, respectively. Therefore, the inundation risk map prepared for the Batu Pahat coast is mainly useful for preventing the erosion of the shoreline and for future disaster mitigation.

Keywords: Geospasial; sea level rise; accretion; community; coastal area

PENGENALAN

Perubahan iklim merujuk kepada perubahan-perubahan dalam iklim dunia yang memberikan impak kepada manusia dan ekosistem sama ada secara langsung atau tidak langsung. Masalah yang melibatkan alam sekitar seperti pemanasan global, pencemaran udara, tanah runtuh, tsunami dan gempa bumi tidaklah asing lagi bagi masyarakat dunia sekarang (San & Azman 2011). Perubahan iklim global ini biasanya dikaitkan dengan kenaikan suhu dunia yang merupakan satu proses kompleks serta mengambil masa yang lama dan panjang.

Menurut Kementerian Sains Teknologi dan Inovasi (2012), perubahan iklim membawa pelbagai malapetaka seperti banjir besar, kemarau panjang, serta taufan yang kuat serta boleh merubah ciri-ciri corak dan pola iklim sekarang menjadi berbeza pada masa hadapan (Shaffril et al. 2011). Pemanasan global merupakan satu indikasi bagi kenaikan suhu permukaan di daratan, lautan, ataupun kombinasi keduanya secara menyeluruh.

Secara jelasnya, kerakusan manusia menjadi punca utama kepada perubahan iklim global ini. Pembangunan pesat dalam bidang pertanian, akuakultur, industri dan pambandaran bukan hanya mengganggu ekosistem zon pinggir pantai, tetapi juga memusnahkannya (Rahman 2009). Menerusi Laporan Penilaian Ke-4 (Perubahan Iklim 2007) Panel Antara Kerajaan Perubahan Iklim (IPCC), menunjukkan 98 peratus daripada kenaikan suhu bumi kini disebabkan oleh pembebasan gas karbon dioksida. Kenaikan mendadak gas rumah hijau yang terkumpul dan tidak dapat dibebaskan dan terperangkap dalam atmosfera menyebabkan bumi menjadi lebih panas. Keadaan ini menyebabkan ancaman kepada keselamatan rakyat dan negara (Karl, Melillo & Peterson 2009; Hayrol et al. 2015)

Di Malaysia, tanda-tanda perubahan iklim akibat pemanasan global dapat dilihat menerusi beberapa kejadian bencana seperti hakisan pantai, banjir kilat, kenaikan paras air laut yang berlaku di kawasan persisiran pantai dan sebagainya (Jabatan Meteorologi Malaysia 2009). Kajian yang dijalankan oleh Panel Antara Kerajaan mengenai Perubahan Iklim (IPCC 2007) mendapati bahawa dalam abad ke-21, kenaikan aras laut dijangka akan meningkat daripada 18cm hingga 66cm. Penyelidik di Australia telah meramalkan kenaikan aras laut akan mencapai sehingga satu meter dan dikenal pasti sebagai salah satu faktor yang membawa kepada masalah hakisan pantai.

Selain itu, kajian yang telah dijalankan oleh Institut Penyelidikan Hidraulik Kebangsaan Malaysia (NAHRIM) yang menjadikan tahun 2010 sebagai tanda permulaan kajian, Semenanjung Malaysia akan mengalami kenaikan aras laut sebanyak 0.253m hingga 0.517m menjelang tahun 2100 (Awang & Hamid 2013). Menurut Md.Jahi (2009), faktor-faktor perubahan di persisiran pantai sangat dinamik ini adalah bergantung kepada tindakan terhadap agen-agen seperti ombak, arus, pasang surut, dan angin.

Menurut Jaafar et al. (2016), kawasan pesisir pantai merupakan kawasan yang sensitif dan cenderung kepada pelbagai ancaman seperti hakisan pantai, kenaikan aras laut dan sebagainya yang boleh mendatangkan kesan kepada kesejahteraan hidup manusia, persekitaran dan ekosistem. Ia juga akan menyebabkan kawasan yang terdedah kepada tiupan angin kencang dan damparan ombak yang besar menyebabkan masalah hakisan menjadi semakin sukar untuk ditangani (Jaafar et al. 2016; Fredolin et al. 2012)

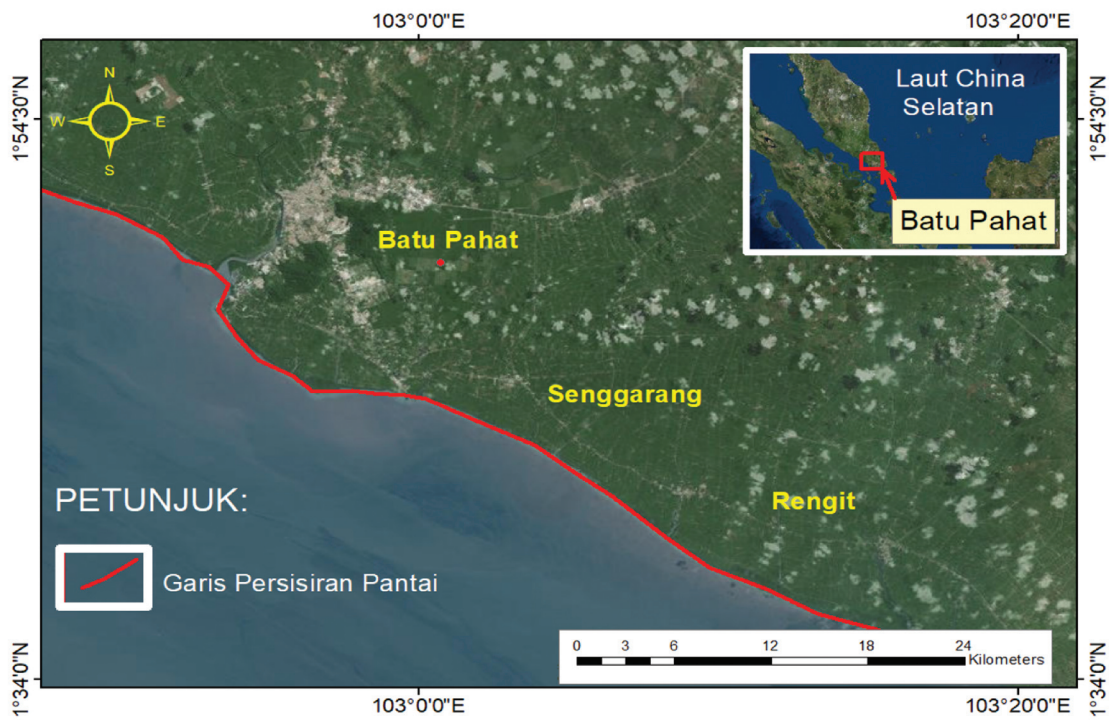
Dari segi kesan fizikal terhadap kenaikan aras laut, Faour et al. (2013) menjelaskan bahawa kenaikan aras laut akan menyebabkan risiko banjir dan pergerakan anjakan tanah rendah dan tanah lembap. Situasi ini menyebabkan masyarakat komuniti yang mendiami di kawasan pesisir pantai akan terus berada di dalam keadaan terancam. Oleh sebab itu, bagi mengenal pasti kesan impak kenaikan aras laut yang berlaku di kawasan pantai, maka objektif utama kajian ini adalah untuk menentukan dan menghasilkan peta inundasi dan peta kawasan risiko hakisan kenaikan aras laut berdasarkan unjuran kenaikan aras laut pada tahun 2020 dan 2040.

KAWASAN DAN KAEDAH KAJIAN

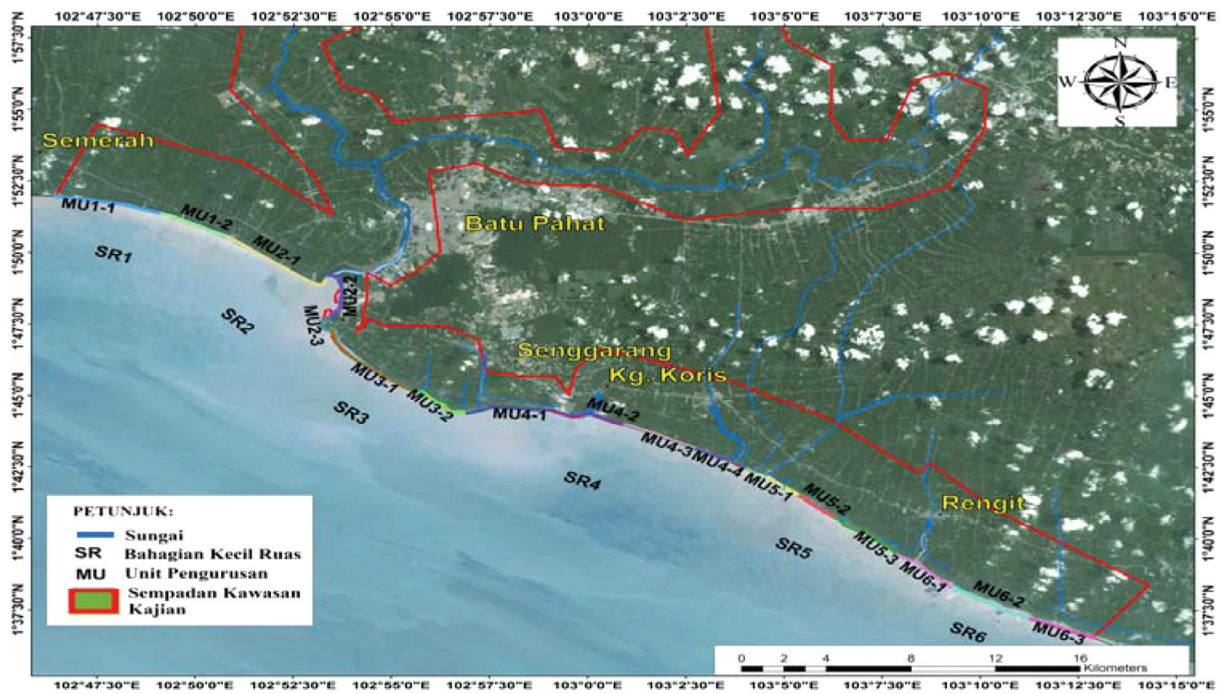
Garis pantai di Batu Pahat terletak di antara latitud 1.62° hingga 1.87° Utara, dan longitud 102.78° hingga 103.19° Timur, yang mana merangkumi 70 km panjang pesisiran pantai dan terdiri daripada enam mukim iaitu Lubok, Bagan, Minyak Beku, Kampung Bahru, Sungai Punggor dan Sungai Kluang. Rajah 1 menunjukkan lokasi kajian di kalangan komuniti nelayan di pesisir pantai Batu Pahat yang menghadap perairan Selat Melaka.

METODOLOGI

Bagi mengkaji penilaian impak kenaikan aras laut di kawasan Batu Pahat, kawasan tersebut telah dibahagikan kepada 6 *sub-reach* (SR) dan 17 unit pengurusan (MU) dengan menggunakan perisian ArcGIS seperti ditunjukkan di Rajah 2. Tujuan pembahagian SR dan MU ini adalah untuk memudahkan kerja-kerja pengumpulan data di setiap kawasan lapangan kajian yang mempunyai ciri-ciri fizikal pantai dan guna tanah yang berbeza di sepanjang garis pantai tersebut. Rajah 3 menunjukkan proses analisis kajian dengan menggunakan perisian ArcGIS dan MIKE 21 untuk mengenal pasti perubahan garis pantai bagi mendapatkan kadar hakisan dan pemendapan yang berlaku dan mengkaji hidrodinamik di persisiran pantai. Peta topografi daripada Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM), data ketinggian IFSAR dan imej kawasan Batu Pahat daripada satelit SPOT 5 dengan beresolusi 2.5 meter bagi tahun 2013 telah digunakan dalam kajian ini.



RAJAH 1. Lokasi kajian di Pesisir Pantai Batu Pahat



RAJAH 2. Pembahagian SR dan MU di kawasan Batu Pahat

Bagi model hidrodinamik pantai yang dibangunkan melalui perisian pemodelan MIKE21, data asas dalam penyediaan model kajian terdiri daripada *mesh*, data batimetri, tempoh simulasi, *Time step interval*, data pasang surut, data arus dan arah angin. Data pasang surut adalah berbeza nilainya mengikut lokasi satu-satu kawasan (Khairul Nizam et al. 2015). Tambahan lagi, pengumpulan data seperti data marin, dan profil pantai membolehkan peta risiko inundasi dapat dihasilkan. Untuk menilai ketepatan dan tahap keyakinan terhadap model yang dihasilkan, penilaian terhadap analisa keputusan secara statistik di antara simulasi dengan data cerapan utama iaitu aras air, kelajuan arus dan arah arus semasa perlu dilakukan mengikut garis panduan dan pekeliling kajian pemodelan hidraulik pantai daripada Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS). Teknik statistik seperti *RMSE* digunakan untuk membuat penilaian dalam mengukur magnitud purata ralat model yang dihasilkan kerana ia merupakan kaedah yang amat berguna apabila terdapat nilai ralat besar yang tidak diinginkan dalam sesuatu data yang dinilai seperti ditunjukkan Persamaan 1. Pekali korelasi (Correlation coefficient) akan digunakan untuk menilai kejituan model yang dihasilkan dengan menentukan perbezaan antara nilai simulasi dengan nilai data sebenar seperti Persamaan 2 berikut:

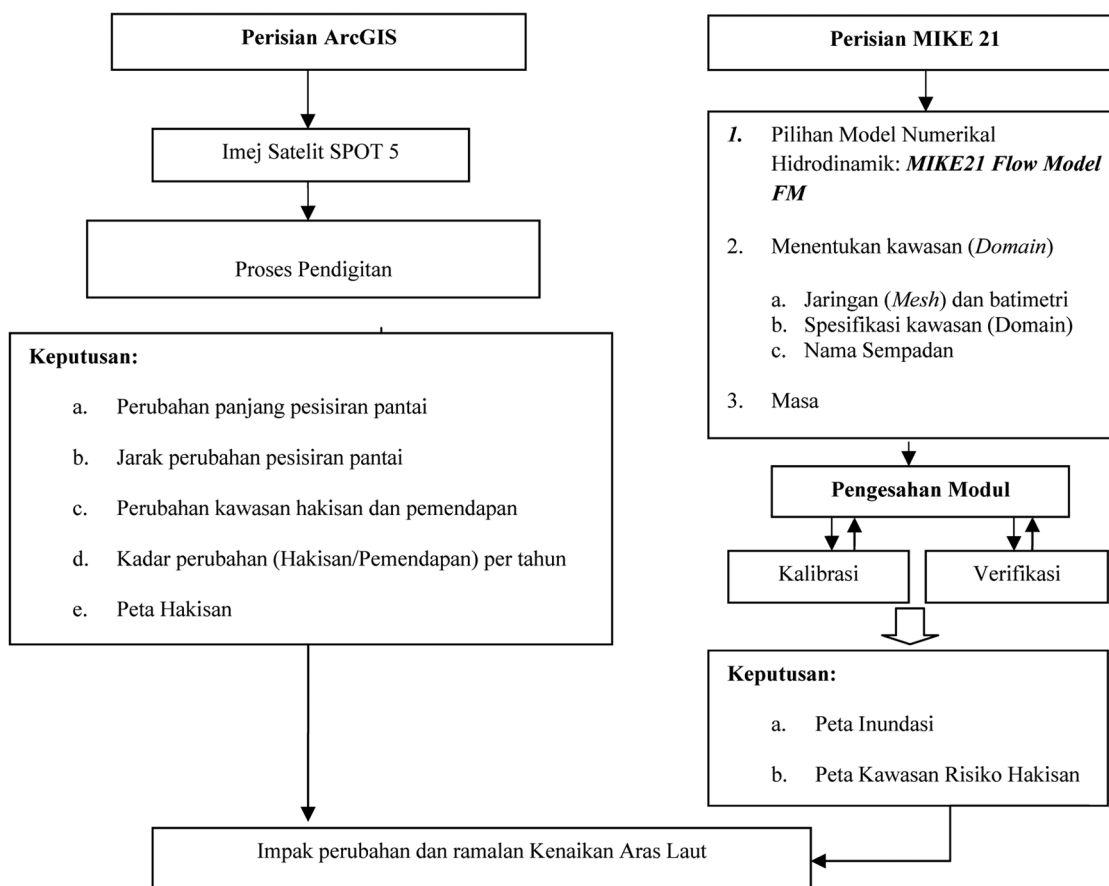
$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N dif_i^2} \tag{1}$$

$$\text{Correlation coefficient, } \rho = \frac{\sum_{i=1}^N (me_i - me)(mo_i - mo)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (me_i - me)^2 (mo_i - mo)^2}} \tag{2}$$

di mana,

- me_i = Nilai data utama
- mo_i = Nilai model
- dif_i = $mo_i - me_i$

Hasil dapatan kajian ini membolehkan kepelbagaian lapisan data, ketinggian permukaan bumi bagi aras laut yang diramal dengan tindihaan data garis pantai daripada imej satelit membolehkan pengenalpastian kawasan kenaikan aras laut yang diramalkan di sepanjang persisiran pantai Batu Pahat pada tahun 2020 dan 2040. Oleh demikian, keputusan kenaikan aras laut yang diramalkan pada kawasan kajian ini akan dibandingkan dengan garis dasar model simulasi pada tahun 2013.



RAJAH 3. Kaedah kajian impak kenaikan aras laut

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

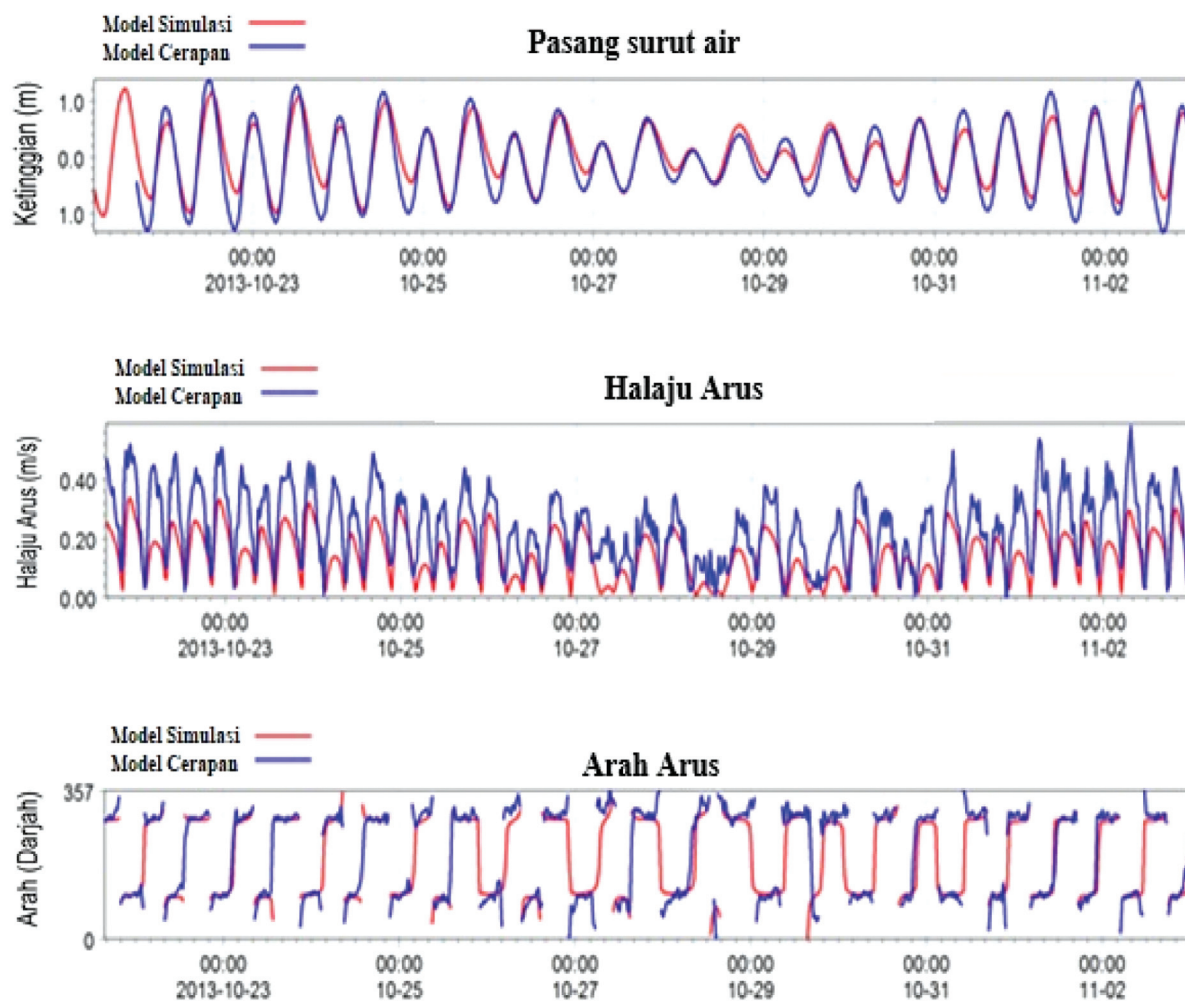
Di kawasan kajian, komuniti nelayan yang terlibat terdiri dari 11 perkampungan nelayan sepanjang pesisir pantai Batu Pahat yang bermula dari Kampung Minyak Beku (Bahagian Utara) sehingga Kampung Rengit (Bahagian Selatan). Untuk mengesahkan ketepatan model, keputusan model kalibrasi dianalisis secara statistik dengan hasil model simulasi dengan membandingkan tahap paras air, kelajuan dan arah arus.

MODEL KALIBRASI DAN VERIFIKASI

Berdasarkan model simulasi daripada perisian MIKE21, jenis modul yang dipilih adalah *Hidrodynamic* (HD) dan *Wave Spectral* (SW). Berdasarkan garis panduan Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS), penerimaan kejituan selisih model simulasi untuk paras air hendaklah tidak melebihi 10%, kelajuan arus tidak melebihi 20% dan arah arus tidak melebihi 20 darjah seperti ditunjukkan di Rajah 4. Dalam menjalankan kajian

hidrodinamik di kawasan ini, alat ADCP telah dipasangkan di dalam laut bagi merekodkan kelajuan dan halaju arus manakala bagi pemasangan alat mencerpap data pasang surut, satu alat tolok pasang surut telah dipasangkan berhampiran stesen jeti di Batu Pahat. Tempoh pengukuran data pasang surut air, kelajuan arus, dan arah arus yang diambil di kawasan kajian mestilah dalam lingkungan 2 minggu yang melibatkan air pasang perbani dan air pasang anak.

Secara keseluruhan, kalibrasi dan verifikasi menunjukkan model yang dihasilkan adalah dalam tahap yang baik. Secara visual yang dipamerkan dalam Rajah 4 menunjukkan bahawa model hidrodinamik kawasan Batu Pahat berada dalam pencapaian kalibrasi yang baik dengan keputusan data model dan data cerapan menghampiri corak yang sama. Hasil analisis menggunakan kaedah pengiraan RMSE menunjukkan kalibrasi terhadap data simulasi pasang surut adalah 94% manakala kalibrasi terhadap data simulasi halaju arus mencapai 83% tahap keyakinan. Bagi arah arus, tahap keyakinan kalibrasi mencapai 15 darjah bagi kawasan Batu Pahat.



RAJAH 4. Keputusan proses kalibrasi pada pasang surut air, kelajuan dan arah arus Kawasan Hakisan Dan Pemendapan Bagi Tahun 2013 (Garis Dasar)

Arus lautan, ombak dan angin memainkan peranan yang penting dalam pembentukan pantai. Faktor-faktor tersebut telah membawa kepada perubahan pantai khususnya pantai di Batu Pahat. Proses hakisan dan penambahan telah berlaku di kawasan pantai dan menyebabkan kawasan tanah yang telah terhakis adalah kira-kira 415 hektar dan kawasan yang mengalami pemendapan sebanyak 69 hektar seperti di tunjukkan di Jadual 1 dan Rajah 5. Ini dapat dibuktikan dengan dapatan kajian daripada (Khairul Nizam & Rafar 2015) iaitu, proses pemendapan yang berlaku adalah akibat daripada hakisan yang aktif di kawasan kajian sebelum ini.

Arus laut, gelombang dan angin adalah faktor utama bagi pembentukan pantai. Faktor-faktor ini menyumbang kepada perubahan pesisir pantai di Batu Pahat yang menyebabkan terhasilnya proses hakisan dan pemendapan. Merujuk Jadual 1, jumlah kawasan yang terhakis adalah 415.47 hektar dan jumlah pemendapan sebanyak 68.52 hektar. Proses

pemendapan ini berlaku disebabkan oleh pemendapan sedimen yang disebabkan oleh pembawaan sedimen susur pesisir di kawasan hakisan yang kritikal.

Kadar pemendapan yang tinggi berlaku di Tanjung Segenting (MU3-1), Sungai Suloh (MU4-1), dan Sungai Jambi (MU6-2). Bagi kadar hakisan yang paling kritikal berlaku di Sungai Mengkudu (MU5-3), Pt. Kg. Baharu (MU5-1), Sungai Ayam (MU3-2), Padang Terbang (MU4-2) dan Sungai Terus (MU4-3). Garis pantai di MU3-1 menunjukkan proses pemendapan berlaku di bahagian tenggara Tanjung Segenting sebanyak 22.19 hektar. Sementara itu pula, pantai yang menghakis berlaku di barat laut Sungai Ayam iaitu 21.41 hektar. Pesisir pantai di MU3-2 meliputi kawasan dari Sungai Ayam ke Sungai Suloh Kechil sepanjang 3.04 km, yang mana kadar hakisan pantai adalah kira-kira 49.06 hektar dan pemendapan pantai adalah 4.1 hektar.

JADUAL 1. Kawasan hakisan dan pemendapan di kawasan kajian

Bahagian	Unit Pengurusan	Lokasi	Panjang Pesisir (m)	Hakisan (Ha)	Pemendapan (Ha)
SR 1	MU1-1	Pt. Semerah – Pt. Sidek	5308.57	3.25	0
	MU1-2	Pt. Sempedan – Pt. Besar	3616.35	5.08	2.02
SR 2	MU2-1	Pt. Besar – Tg. Api-Api	6405.50	8.57	6.82
	MU2-2	Sg. Batu Pahat – Telaga Batu Pahat	4138.05	1.10	0.79
	MU2-3	Telaga Batu Pahat – Tg. Segenting	1493.56	0	0
SR 3	MU3-1	Tg. Segenting – Sg. Ayam	7071.97	21.41	22.19
	MU3-2	Sg. Ayam – Sg. Suloh Kechil	3042.07	49.06	4.10
SR 4	MU4-1	Sg. Suloh Kechil – Padang Terbang	4790.60	6.44	18.73
	MU4-2	Padang Terbang – Sg. Terrus	4832.45	43.53	0
	MU4-3	Sg. Terrus – Pt. Kongsu	3700.30	37.53	0
	MU4-4	Pt. Kongsu – Pt. Kg. Baharu	2757.57	28.23	0
SR 5	MU5-1	Pt. Kg. Baharu – Sg. Berong	3240.65	56.89	0
	MU5-2	Sg. Punggor – Sg. Mengkudu	2289.19	26.65	0
	MU5-3	Sg. Mengkudu – Sg. Dulang	4183.33	95.63	0
SR 6	MU6-1	Sg. Dulang – Sg. Jambi	3859.74	28.89	0
	MU6-2	Sg. Jambi – Sg. Meriong Kechil	5044.78	3.19	13.88
	MU6-3	Sg. Meriong Kechil – Sg. Besar	4252.64	0	0
JUMLAH			70,027.33	415.47	68.52

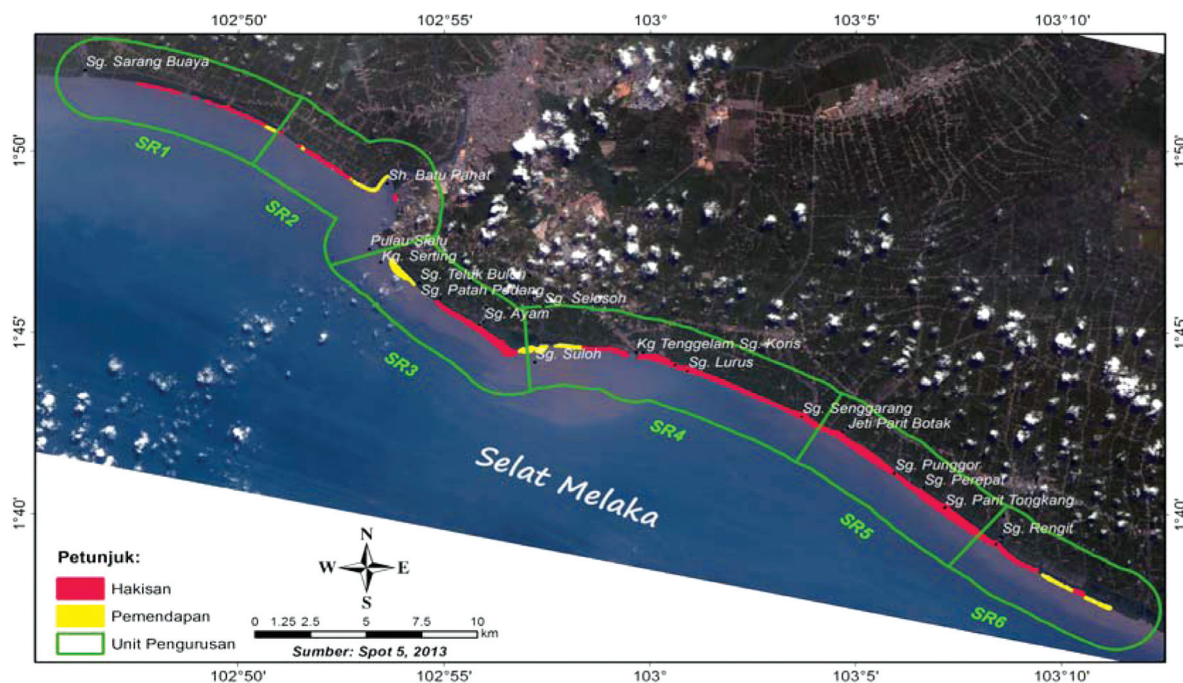
Kebanyakan MU di persisiran pantai ini terdiri daripada hutan bakau. Keseluruhan pantai di bahagian SR5 menunjukkan kadar hakisan yang tinggi. Jumlah kawasan yang terhakis adalah 179.17 hektar. Kawasan yang paling kritikal terhakis adalah di MU5-3 sebanyak 95.63 hektar dan di ikuti dengan MU5-1 sebanyak 56.89 hektar. Selain itu, di kawasan Batu Pahat terdapat hanya 2 kawasan yang tidak menunjukkan berlakunya proses hakisan dan pemendapan iaitu, Telaga Batu Pahat – Tg. Segenting (MU2-3) dan Sg. Meriong Kechil – Sg. Besar (MU6-3).

IMPAK PERUBAHAN DAN RAMALAN KENAIKAN ARAS LAUT PADA TAHUN 2020 DAN 2040

Perubahan iklim dipercayai telah mempercepatkan proses-proses cuaca sehingga menyebabkan berlaku pelbagai

perubahan mendadak dalam tempoh masa yang tidak menentu. Kenaikan aras laut merupakan salah satu kesan daripada pemanasan global (Bosello & De Cian 2014; Abuodha & Woodroffe 2010). Menurut Rahman (2009), faktor-faktor sumbangan pemanasan global ini menyebabkan kenaikan suhu air laut dan pencairan ais di kutub. Bertepatan dengan keputusan kajian ini dengan keputusan ramalan kenaikan aras laut yang dilakukan oleh Khairul Nizam & Rafar (2015) mendapati ramalan kenaikan aras laut bagi tahun 2020 dan 2040 di Batu Pahat menunjukkan beberapa batang sungai seperti di Sungai Ayam, Suloh Besar Sungai, Sungai Koris, Sungai Lurus, Sungai Senggarang, Sungai terlibat secara langsung dengan kejadian ini.

Berdasarkan keputusan simulasi model numerikal hidrodinamik untuk keadaan semasa (tahun 2013) yang telah dikalibrasi dan diverifikasi, kenaikan aras laut boleh



RAJAH 5. Kadar hakisan dan pemdapan

menyebabkan pembanjiran air laut sejauh 4.5km di kawasan tepi pantai yang berkecerunan landai serta kemasukan air masin sejauh 12.9km ke kawasan darat terutama pada kawasan beralur lebar seperti Sg. Simpang Kanan.

Pada Jadual 2, kesan kenaikan aras laut ke atas jaringan jalan di daerah Batu Pahat, Johor didapati hanya pada MU6-3, yang mana menggunakan ramalan kenaikan sebanyak

0.028m dan 0.066m bagi tahun 2020 dan 2040. Bahagian MU4-3 daripada kawasan batu Pahat menunjukkan kawasan yang mempunyai jaringan jalan raya yang paling tinggi berbanding tiga lagi MU yang tidak mempunyai jaringan jalan raya. Secara umumnya, rangkaian jalan raya yang sedia ada merupakan penghubung utama kemudahaspaian penduduk untuk mendapatkan sumber bekalan asas dan menjalani

JADUAL 2. Ringkasan kesan kenaikan aras laut ke atas populasi dan jaringan jalan di daerah Batu Pahat, Johor

Kesan potensi Kenaikan aras laut								
MU	Merujuk kepada MU	Jaringan Jalan raya (Bil)			Merujuk kepada MU	Populasi (Orang)		
		2013 (Garis Dasar)	2020 (0.028m)	2040 (0.066m)		2013 (Garis Dasar)	2020 (0.028m)	2040 (0.066m)
MU1-1	1	0	0	0	3165	0	0	0
MU1-2	1	0	0	0	2040	0	0	0
MU2-1	1	0	0	0	995	5	5	5
MU2-2	1	0	0	0	150	0	0	0
MU2-3	2	0	0	0	600	0	0	0
MU3-1	1	0	0	0	1210	30	0	95
MU3-2	0	0	0	0	290	0	0	5
MU4-1	1	0	0	0	275	0	0	0
MU4-2	2	0	0	0	1825	0	105	90
MU4-3	3	0	0	0	4730	0	265	250
MU4-4	1	0	0	0	2330	0	130	280
MU5-1	2	0	0	0	2615	15	180	185
MU5-2	1	0	0	0	1840	0	10	125
MU5-3	1	0	0	0	2435	0	35	40
MU6-1	0	0	0	0	2395	0	25	35
MU6-2	0	0	0	0	690	0	0	0
MU6-3	1	0	1	1	835	0	10	35
Jumlah Keseluruhan					28420	50	765	1145

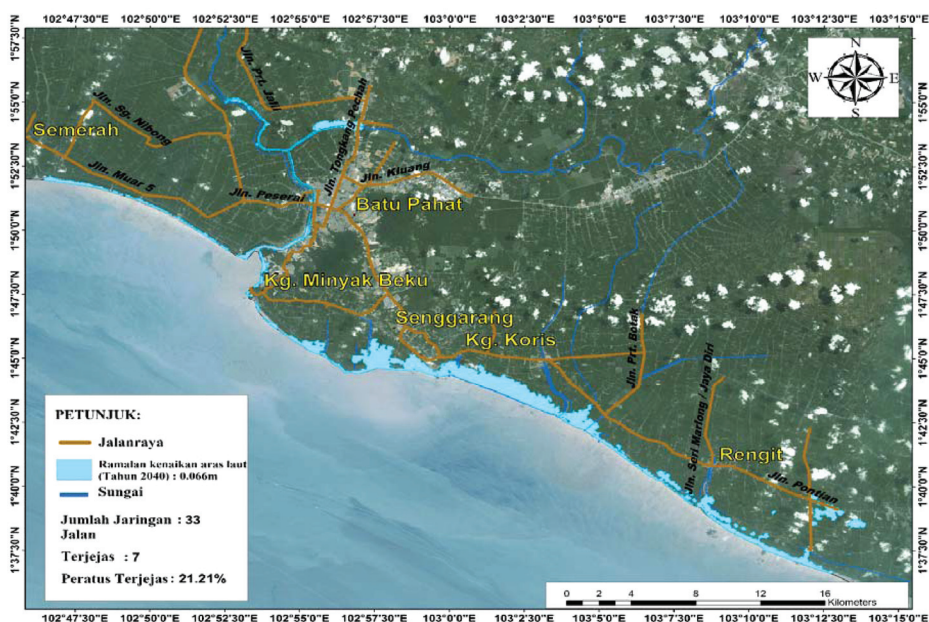
aktiviti seharian (Rosniza et al. 2011). Ini dijelaskan lagi oleh Noraniza et al. (2011) bahawa, hubungan pembangunan komuniti dengan kemudahan infrastruktur seperti jalan raya dapat mewujudkan peluang kepada sektor pelaburan dan industri di kawasan tersebut bagi meningkatkan taraf pendapatan dan ekuiti komuniti penduduk. Berpandukan pada Rajah 6 memaparkan 33 batang jalan raya pada bahagian MU di kawasan Batu Pahat tidak menunjukkan kesan besar terhadap sektor jaringan jalan raya.

Sementara itu, majoriti populasi penduduk yang terjejas yang disebabkan oleh kenaikan aras laut di Batu Pahat telah bermula pada tahun 2013 hingga 2040. Data

populasi penduduk kampung di kawasan kajian diperoleh daripada Jabatan Perangkaan Malaysia. Berdasarkan Jadual 2 mengenai MU2-1, bilangan populasi penduduk yang terlibat dengan kenaikan aras laut pada tahun 2013 sehingga 2040 adalah seramai 5 daripada 995 orang. Walau bagaimanapun, nilai populasi yang terjejas dengan kenaikan aras laut bagi MU5-1 adalah sebanyak 15 orang (tahun 2013), 180 orang (tahun 2020) dan meningkat kepada 185 orang pada tahun 2040. Rajah 7 menunjukkan peta risiko inundasi terhadap populasi yang terlibat mengenai kenaikan aras laut bagi unjuran pada tahun 2020 dan 2040.

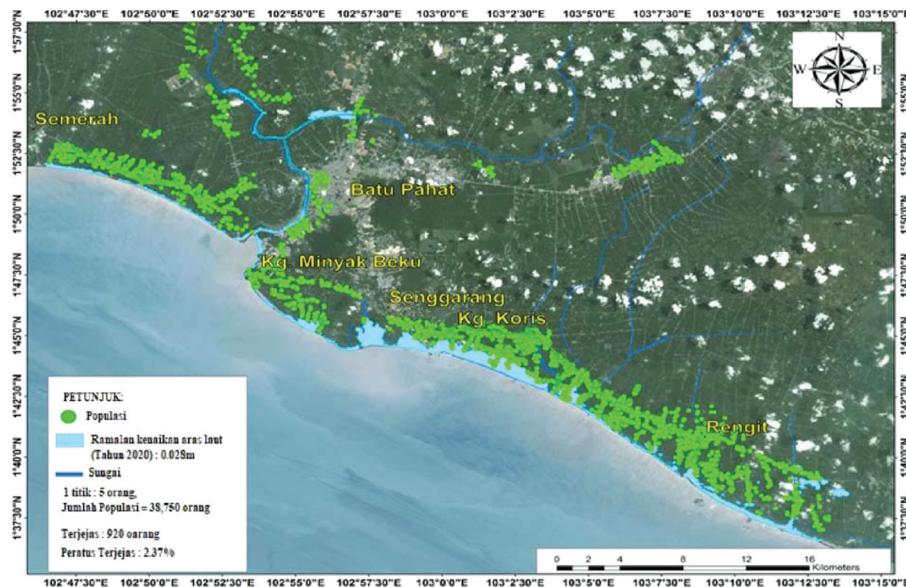


(a) Tahun 2020

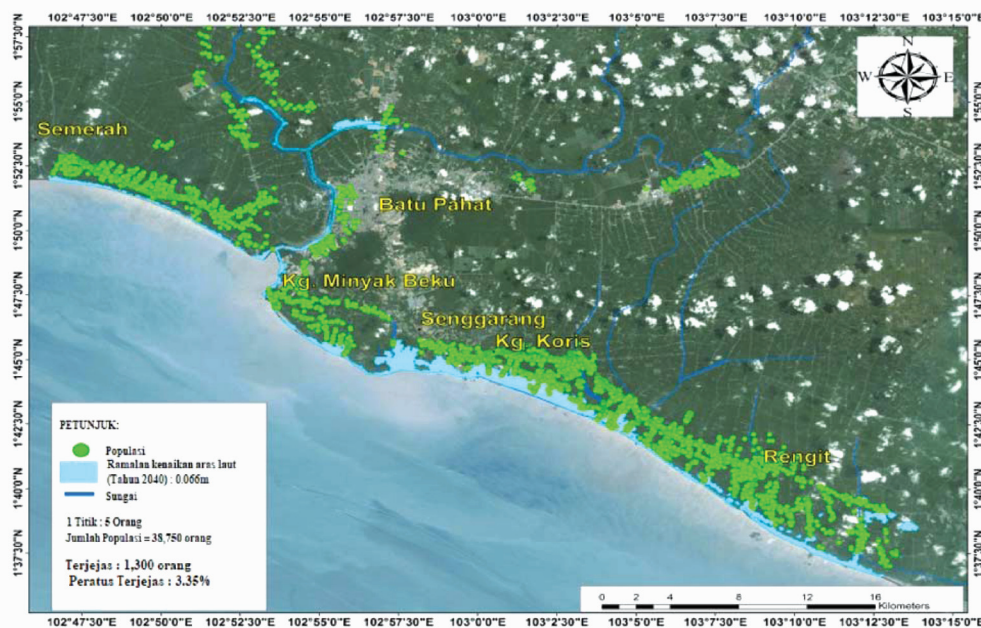


(b) Tahun 2040

RAJAH 6. Peta Risiko Inundasi terhadap jaringan jalan bagi unjuran kenaikan pada tahun 2020(a) dan 2040(b)



(a) Tahun 2020



(b) Tahun 2040

RAJAH 7. Peta Risiko Inundasi terhadap populasi bagi unjuran kenaikan pada tahun 2020(a) dan 2040(b)

Jumlah keseluruhan penduduk yang akan terkesan dengan kenaikan aras laut berdasarkan pembahagian MU di Batu Pahat adalah seramai 28420 orang. Keadaan rumah penduduk yang terletak berhampiran kawasan pantai menyebabkan ramai penduduk terkesan dengan kenaikan aras laut. Hasil kajian ini bertepatan dengan keputusan yang dijelaskan oleh Khairul Nizam & Rafar (2015) bahawa kebanyakan kawasan ini terletak berhampiran persisiran pantai yang berisiko tinggi dengan kejadian inundasi. Ini jelas membuktikan bahawa kesan signifikan dan ancaman kejadian ini bertindak secara langsung terhadap kehidupan penduduk serta struktur bangunan penduduk di kawasan tersebut. Nilai populasi penduduk yang pesat meningkat sebanyak 50-765

orang pada tahun 2013 hingga 2020 dan kemudian mendadak meningkat kepada 1145 orang pada tahun 2040.

KESIMPULAN

Malaysia tidak terlepas daripada masalah ini dan turut menghadapi fenomena kenaikan aras laut sehingga menyebabkan berlakunya bencana seperti hakisan dan pemendapan di kawasan pantai. Ini telah dibuktikan dengan kajian bahawa Pantai Batu Pahat merupakan salah satu kawasan yang mengalami hakisan pantai yang aktif sebanyak 415.7 hektar dan kadar pemendapan adalah 68.52 hektar. Tambahan lagi, hakisan pantai yang aktif turut memberi

impak yang negatif terhadap komuniti persisiran Pantai Batu Pahat dari aspek fizikal, malahan ekonomi dan sosial setempat. Daripada hasil kajian, peta risiko inundasi bagi kenaikan aras laut ini menunjukkan anggaran seramai 50 hingga 1145 orang daripada jumlah penduduk yang menetap di kawasan kajian akan menghadapi kejadian perubahan iklim ini pada tahun 2020 hingga 2040. Justeru itu, dapatan kajian ini menghasilkan peta inundasi dan juga peta risiko inundasi akibat kesan kenaikan aras laut setempat dan menjadi panduan untuk menghasilkan polisi dan garis panduan kepada pihak kerajaan dan pihak berkepentingan bagi merancang pembangunan yang mampan di kawasan tersebut. Oleh yang demikian, pihak yang bertanggungjawab perlulah mengorak langkah untuk mengatasi masalah hakisan tanah yang sering kali berlaku setiap tahun. Jangkaan pada masa hadapan dalam aktiviti pembangunan perlulah disusun dengan rapi supaya impak kenaikan aras laut dapat di atasi dengan baik.

PENGHARGAAN

Kajian ini disokong oleh Geran Universiti Penyelidikan. Penulis bersyukur kepada Institut Perubahan Iklim, UKM dan Institut Penyelidikan Hidraulik Kebangsaan (NAHRIM) dalam menyediakan data dan memberi panduan dalam kajian hidraulik Pantai. Penulis juga mengucapkan jutaan terima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia atas memberi sokongan kewangan yang diberikan di bawah pemberian geran bernombor GUP-2014-038 dan ZF-2015-018.

RUJUKAN

- Abdul Maulud, K.N., Hasan, Z. & Karim, O. A. 2015. Karim Kejituan Datum Carta Dalam Tempoh Cerapan Pasang Surut: Kajian Kes di Teluk Ewa, Pulau Langkawi. *Jurnal Kejuruteraan* 27: 103-109.
- Abuodha, Pamela A. O. & Colin D. Woodroffe. 2010. Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index: A case study from Southeast Australia. *Journal of Coastal Conservation* 14(3): 189-205.
- Awang, N. A. & Hamid, M. A. 2013. Sea level rise in Malaysia. Sea level rise adaptation measures. *HydroLink*, 2:47-49.
- Bosello, F. & De Cian, E. 2014. Climate change, sea level rise, and coastal disasters. A review of modeling practices. *Energy Economics* 46: 593-605.
- Faour, G., Fayad, A. & Mhaweji, M. 2013. GIS-based approach to the assessment of coastal vulnerability to sea level rise: Case study on the Eastern Mediterranean. *Journal of Surveying and Mapping Engineering* 1(3): 41-48.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel. *The Press Syndicate of the University of Cambridge*.
- Jaafar, S. N., Yusoff, M. M. & Ghaffar, F. A. 2017. Ancaman hakisan pantai dan adaptasi komuniti pesisir pantai di Malaysia: Kajian kes Kampung Kemeruk, Kota Bharu, Kelantan. *Geografia-Malaysian Journal of Society and Space*, 12(10): 145-158.
- Jahi, J. M. 2009. Pembangunan Pelancongan Dan Impaknya Terhadap Persekitaran Fizikal Pinggir Pantai. *Malaysian Journal of Environmental Management* 10 (2): 71-88.
- Karl, T. R., Melillo, J. M. & Thomas C. Peterson. 2009. *Global Climate Change Impacts in the United States*. Cambridge University Press.
- Kementerian Sains Teknologi dan Inovasi, 2012. Perubahan Iklim. *Utusan Malaysia*, January: 6-17.
- Malaysian Meteorological Department, 2009. Climate Change Scenarios for Malaysia 2001 – 2099. Unit Percetakan, Jabatan Meteorologi Malaysia.
- Maulud, K. N. A., & Rafar, R. M. 2015. Determination the Impact of Sea Level Rise to Shoreline Changes Using GIS. *IconSpace (International Conference on Space Science and Communication) 2015, Proceeding*; 352-357.
- Mohamed Shaffril, H. A., D'Silva, J. L., Kamaruddin, N., Omar, S. Z. & Bolong, J. 2015. The coastal community awareness towards the climate change in Malaysia. *International Journal of Climate Change Strategies and Management* 7(4): 561-533.
- Rahman, H. A., Haliza Abdul. 2009. Global Climate Change and Its Effects on Human Habitat and Environment in Malaysia. *Malaysian Journal of Environmental Management* 10(2): 17-32.
- Rose, R. A. H. C., Nor, A. R. M., Ahmad, A., Buang, A. & Zainol, R. M. 2011. Pemantauan keberkesanan pembangunan wilayah Malaysia dalam aspek penduduk tempatan di Iskandar Malaysia. *Geografia-Malaysian Journal of Society and Space*, 7(5): 40-54.
- San, T. P. & Azman, N. 2011. Hubungan Antara Komitmen Terhadap Alam Sekitar Dengan Tingkah Laku Mesra Alam Sekitar Dalam Kalangan Pelajar Universiti. *Jurnal Personalia Pelajar* 14: 11-22.
- Shaffril, H. A., Samah, B. A., D'Silva, J. L. & Uli, J. 2011. Global Warming at the East Coast Zone of Peninsular Malaysia. *American Journal of Agricultural and Biological Science* 6(3): 373-383.
- Tangang, F. T., Juneng, L., Salimun, E., Sei, K. M., Le, L. J. & Muhamad, H. 2012. Climate change and variability over Malaysia: Gaps in science and research information. *Sains Malaysiana* 41 (11): 1355-1366.
- Yusoff, N., Talib, A. & Othman, Y. 2011. Infrastructure Development Impact on Inhabitant Community Development at Kubang Pasu and Pendang District, Kedah Darul Aman. *Journal of Governance and Development* 7: 16-35.

*Fazly Amri bin Mohd
Prof. Dato' Ir. Dr. Othman A. Karim
Sr. Dr. Khairul Nizam bin Abdul Maulud
Jabatan Kejuruteraan Awam dan Struktur
Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM, Bangi Selangor, Malaysia

Muhammad Afiq Ibrahim
Sr. Dr. Khairul Nizam bin Abdul Maulud
Pusat Pencerapan Bumi (EOC)
Institut Perubahan Iklim
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM, Bangi Selangor, Malaysia

Yannie Anak Benson
Pusat Kajian Pantai dan Oseanografi
Institut Penyelidikan Hidraulik Kebangsaan Malaysia
(NAHRIM)
Kementerian Sumber Asli dan Alam Sekitar (NRE)
Lot 5377, Jalan Putra Permai,
43300 Seri Kembangan, Selangor, Malaysia

Yannie Anak Benson
Ahmad Khairi Abd. Wahab
Pusat Kejuruteraan Pantai dan Lautan (COEI),
Universiti Teknologi Malaysia,
Jalan Sultan Yahya Petra (Jalan Semarak),
54100 Kuala Lumpur, Malaysia

*Corresponding author; email: fazlyamri28@gmail.com

Received date : 10th August 2017
Accepted date: 5th December 2017
In Press date : 1st April 2018
Published date: 30th April 2018

